

PIV を用いた規則波内部の流速計測手法に関する研究

鳥取大学大学院 学生会員 ○日野原 遼 鳥取大学大学院 正会員 檜谷 治  
 鳥取大学大学院 正会員 梶川 勇樹 鳥取大学 非会員 小田 明道

1. はじめに

近年、カメラ技術の発展により、流体力学における流れ場の計測手法として、粒子画像流速計測法 PIV (Particle Image Velocimetry) が多くの研究で用いられている。PIV とは、流体と追従性のある粒子を流れ場に散布させ、それらをレーザー光で照射させる。その粒子を高速度カメラによって撮影し、撮影された粒子の流速を測ることで、流れ場を計測する手法である。

島国であるわが国では、海岸域における波浪場の研究が実験的あるいは数値解析的に数多く行われているが、その中でも、砕波や越波といった複雑な現象について PIV を用いた研究がなされてきた<sup>1), 2)</sup>。しかしながら、PIV を用いて沖波である規則波あるいは不規則波の流速分布を計測した例はない。波浪場における複雑な現象を数値解析により理解するため、計算結果と比較できる沖波の詳細な実験データが必要である。よって本研究では、造波水槽での規則波内部の流速分布に関して、PIV による計測手法について検討した。

2. 実験方法

実験は循環式造波水路(長さ 10m, 幅 0.5m, 高さ 0.6m)で、循環を停止した状態で行った。水路勾配はゼロに設定し、水深は 0.3m とした。反射波を減少させるため、造波装置の反対側にステラーシートを置いた。実験方法は、一般的なレーザーを水路上面から照射させる方法<sup>1)</sup>(以下、上面照射法)(図-1)と、水面変動の影響を避けるため側面から照射させて、水路底面から 45° 傾けた鏡で鉛直上方に反射させる方法<sup>2)</sup>(以下、側面照射法)(図-2)の二つの方法で計測を行った。実験で使用した高速度カメラ(HAS-L1, 株式会社ディクテイト)のフレームレートは、100fps に設定し、画像サイズは 1280×1024pixel で行った。計算領域の設定は、検査領域を 50pixel, 探査領域を各ケースの周期に合わせて、5~50pixel の範囲で設定した。実験の造波には、アーセル数が 25 以下の Stokes 波とし、波高 4cm~10cm, 周期 0.5 秒~1.5 秒の範囲で変化させて行った。

3. 実験結果と考察

上面照射法と側面照射法による底面から鉛直上方 17.6cm の水平方向流速及び鉛直方向流速の比較を行った。図-3 に上面照射法と側面照射法との流速の比較を示す。実験条件は、波高 4cm, 周期 1.5 秒である。図より、両手法

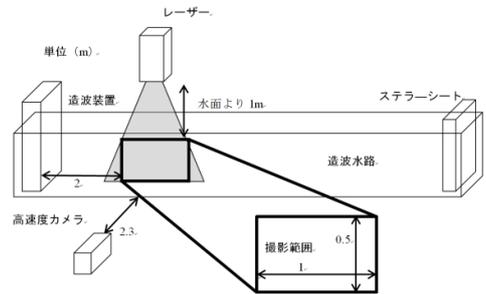


図-1 実験概要 (上面照射)

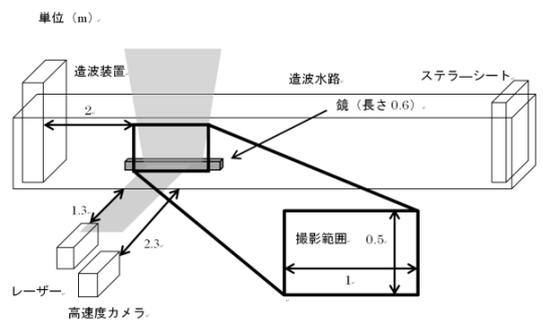


図-2 実験概要 (側面照射)

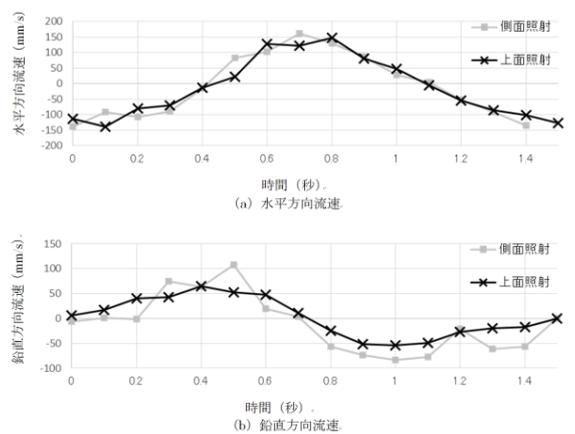


図-3 側面照射と上面照射の比較

キーワード PIV, 規則波, 照射方法

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学大学院工学研究科

T E L 0857-31-5284

とも同様にして計測できると言える。これは、実験条件を変えても同様であった。しかし、側面照射法では、水路のガラス側面で照射時に光が反射してしまい、水路底面付近を計測できなかった。そのため、沖波の流速分布をPIVにより計測する手法として、上面照射法の方が適していると考えられる。

図-4～図-6は、それぞれ上面照射法による水平及び鉛直方向流速の実験値と、stokes波第5次近似解(理論解)<sup>3)</sup>を比較したものである。図-4は底面から上方4cm、図-5は15cm、図-6は27cmのものである。実験条件は波高6cm、周期1.0秒である。まず、図-5の水深中央周辺を見ると、理論値と実験値は概ね一致しており計測できていると言える。しかし、底面から4cm上方の図-4を見ると、水平方向流速は理論値とほぼ一致しているが、鉛直方向流速は計測できていない。これは、底面付近では、粒子の移動が規則的には動いていないこと、底面でレーザーが反射してしまい、粒子の判別が困難であることが問題として挙げられる。水面付近である27cm上方の図-6を見ると、鉛直方向、水平方向流速は、一致する時刻も存在するが、水面でのレーザー光の反射や欠測も存在するため、十分に計測できていない。これは、計測点を波の谷が通過する際、計測点が水面あるいは水が無い部分になってしまうため、計測することができなかったものと考えられる。これは、実験条件を変えて行っても同様な結果が得られた。

#### 4. まとめ

今後の課題としては、底面と水面の計測を精度良く行えるようになることが挙げられる。底面においては、レーザーが底面で反射してしまい、計測することができない。水面においては、上述の上面照射法では、波打つ水面で反射してしまうため流速を計測することが難しい。また、誤差についての検討や計測できる波の範囲を広げることが必要であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 清水良平, 新谷哲也, 梅山元彦: 斜面を伝播する内部波のPIV計測及び瞬間速度と一周期平均輸送速度の数値計算, 海岸工学論文集, 第52巻, 土木学会, 001-005, 2005.
- 2) 山城賢, 村上邦宏, 吉田明德: 画像解析を用いた水理模型実験における越波量計測, 土木学会論文集, B3, Vol.68, No.2, I\_300-I\_305, 2012.
- 3) 磯部雅彦, 西村仁嗣, 堀川清司: 保存波の摂動解の波高による表示, 第33回年次学術講演概要集, 第2部, 土木学会, pp. 760-761, 1978.

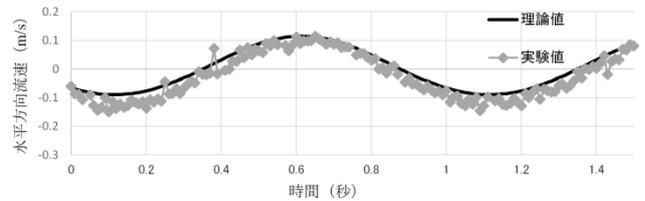


図-4 実験値と理論値の比較 (底面から4cm上方)

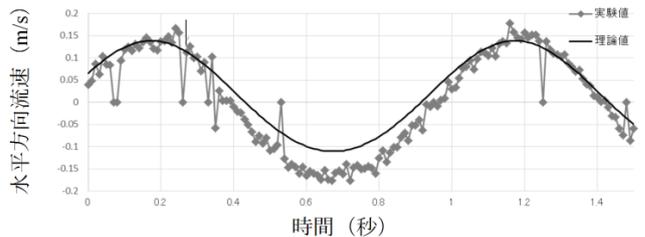
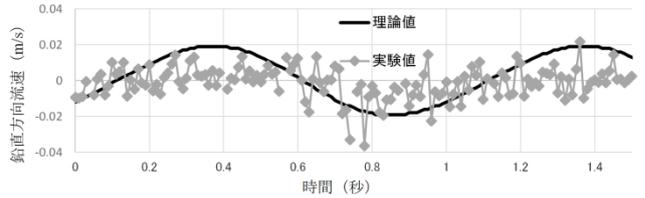


図-5 実験値と理論値の比較 (底面から15cm上方)

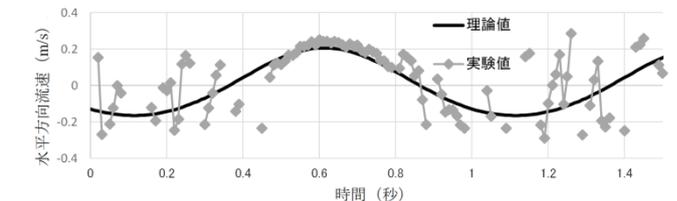
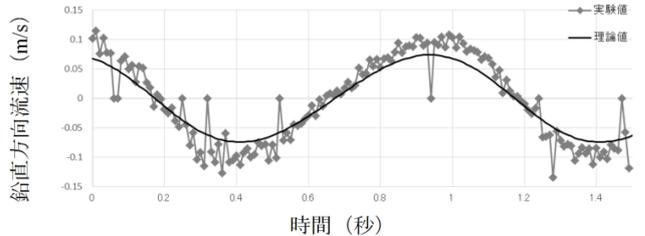


図-6 実験値と理論値の比較 (底面から27cm上方)

